

(51)Int.Cl.<sup>6</sup>

H 01 L 31/0248

識別記号

F I

H 01 L 31/08

F

審査請求 有 請求項の数11 FD (全 7 頁)

(21)出願番号 特願平10-60643

(22)出願日 平成10年(1998)2月25日

(71)出願人 000004237

日本電気株式会社

東京都港区芝五丁目7番1号

(72)発明者 山本 博規

東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内

(72)発明者 馬場 和宏

東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内

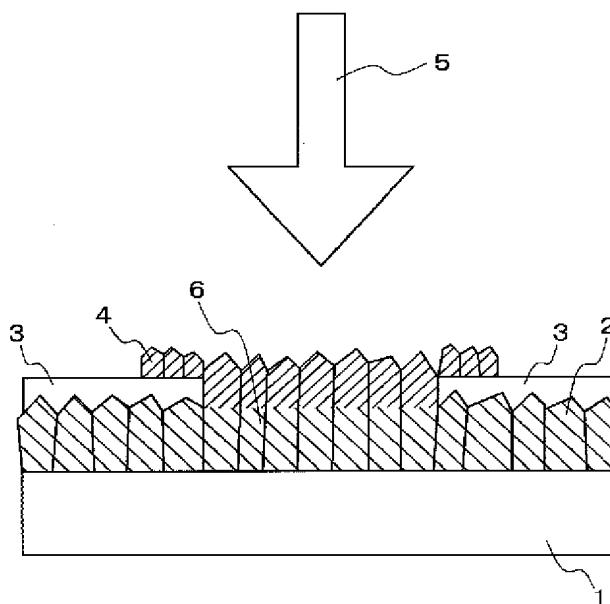
(74)代理人 弁理士 工藤 実

## (54)【発明の名称】 光伝導素子及びその製造方法

## (57)【要約】

【課題】 複雑な加工法を用いなくても製作でき、且つ、より高速で動作することができる光伝導素子及びその加工方法を提供する。

【解決手段】 電極3の間にあるダイヤモンド層2の平均粒径を電極間ギャップ6より小さくする。これにより電極間ギャップ6には、結晶粒界が存在するようになる。ギャップ6間にダイヤモンド層2に励起光5を入射するとダイヤモンド層2内に光キャリアとして電子と正孔が発生し、それぞれはバイアスされた対向する電極3に向かって移動する。このとき電子と正孔はダイヤモンドの結晶粒界で再結合を起こすため光キャリアの寿命を短くすることができ、高速動作が可能となる。電極3の対向している部分はダイヤモンド層2とオーバーコートダイヤモンド層4によって囲まれているので、電極3に高バイアスを印加することが可能となり、高い出力を得ることができる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】基板と基板上に成膜した第1ダイヤモンド層と第1ダイヤモンド層上に電極間ギャップを介して対向するように設けられた少なくとも一対以上の電極と、前記電極間ギャップを覆う様に成膜したオーバーコートダイヤモンド層を具備し、前記電極間ギャップには、照射光により発生したキャリアの再結合中心となる結晶粒界が存在するようにダイヤモンドが形成されていることを特徴とする光伝導素子。

【請求項2】請求項1に記載の光伝導素子において、前記電極間の絶縁破壊を防止するための前記オーバーコートダイヤモンド層の粒径が電極ギャップ間隔より小さい事を特徴とする光伝導素子。

【請求項3】請求項1に記載の光伝導素子において、前記第1ダイヤモンド層は多結晶ダイヤモンドからなることを特徴とする光伝導素子。

【請求項4】請求項1乃至3のいずれかに記載の光伝導素子において、前記第1ダイヤモンド層の平均粒径は前記オーバーコートダイヤモンド層の平均粒径より同じかそれより大きい事を特徴とする光伝導素子。

【請求項5】請求項1または2に記載の光伝導素子において、前記第1ダイヤモンド層は単結晶ダイヤモンドからなることを特徴とする光伝導素子。

【請求項6】請求項1乃至5のいずれかに記載の光伝導素子において、前記第1ダイヤモンド層の前記多結晶ダイヤモンドの平均粒径は前記ギャップの幅と同じかもしくは小さい事を特徴とする光伝導素子。

【請求項7】請求項6に記載の光伝導素子において、前記オーバーコートダイヤモンド層を構成するダイヤモンドの平均粒径は前記ギャップの幅の1/3より小さいことを特徴とする光伝導素子。

【請求項8】第1ダイヤモンド層を形成するステップと、第1ダイヤモンド層の面上に、ギャップを介して対向するように少なくとも1対の電極を形成するステップと、前記ギャップを覆うようにオーバーコートダイヤモンド層を形成するステップからなり、前記オーバーコートダイヤモンド層は、前記ギャップの幅と同じかもしくは小さい平均粒径を持つ多結晶ダイヤモンドからなることを特徴とする光伝導素子の製造方法。

【請求項9】請求項8に記載の光伝導素子の製造方法において、前記第1ダイヤモンド層は、前記オーバーコートダイヤモンド層の平均粒径より大きい平均粒径の多結晶ダイヤモンド、または単結晶ダイヤモンドからなることを特徴とする光伝導素子の製造方法。

【請求項10】請求項8乃至9のいずれかに記載の光伝導素子の製造方法において、前記オーバーコートダイヤモンド層の多結晶ダイヤモンドの平均粒径は前記ギャップ幅の1/3より小さいことを特徴とする光伝導素子。

【請求項11】請求項8乃至10のいずれかに記載の光伝導素子の製造方法において、前記オーバーコートダイ

ヤモンド層を形成する前に、前記電極のギャップ近傍部分と電極間ギャップをダイヤモンドの粉末で研磨するステップを更に具備することを特徴とする光伝導素子の製造方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、光伝導素子に関し、特に多結晶ダイヤモンド層を用いた光伝導素子に関する。

## 10 【0002】

【従来の技術】高速動作する光伝導素子は、電気的なスイッチング、ゲーティング、サンプリングのためのデバイスとして、更には、光検知器やTHz電磁波の発生用素子として使用されている。

【0003】光伝導素子の高速性は、発生したキャリアをいかに速く消滅させるかに依存する。光伝導素子の高速動作を実現するためには、欠陥など再結合中心を多く導入することにより、励起光によって発生したキャリアをすばやく消滅させたり、光キャリアの走行距離を短くする方法がとられている。従来、この種の光伝導素子はステファン・Y・チュウラによる文献1（アイ・イー・イー・イー・ジャーナル・オブ・カンタム・エレクトロニクス第28巻第10号：“IEEE JOURNAL OF QUANTUM ELECTRONICS、vol. 28、No. 10、1992年）に示されるように、材料となる化合物半導体（GaAs）を低温成長させることにより砒素を過剰に存在させて欠陥を生成し、この欠陥を再結合中心として作用させてキャリアの消滅を速くするという方法がとられている。このような方法によると、GaAsを使用した場合の応答時間は1.5psであるが、低温成長によって欠陥を導入したGaAsを使用した場合の応答時間は0.87psであり、その応答時間に関して約40%の短縮が実現されている。

【0004】また、T. Itataniらによる文献2（JAPANESE JOURNAL OF APPLIED PHYSICS VOL. 36, NO. 3B, MARC, 1997, pp1900）に示されるように、キャリアの走行距離を短くするために、トンネル顕微鏡や原子間力顕微鏡を使いキャリアの発生する部分の間隔を数10nmとする方法がとられている。この方法では、GaAs基板の上面に電極となるTiを形成し、原子間力顕微鏡によってTiを酸化し、光キャリアが発生する部分を形成している。原子間力顕微鏡で作られるTi酸化物の幅は数10nmと狭いため光キャリアの走行距離は短く、高速動作を可能にしている。

## 40 【0005】

【発明が解決しようとする課題】このような従来の技術には、それぞれに、次のような問題点がある。【0006】その第1の問題点は、キャリアが発生する部分の絶縁耐圧が低く高出力化が困難であることである。その理由は、光キャリアの再結合中心を導入するた

めに欠陥を多く存在させたため、電圧印加した際、この欠陥を通してリーク電流が流れやすくなったり、絶縁破壊を引き起こすからである。このため高電圧を印加することができず、それに伴い高出力化が制限されている。

その第2の問題点は、素子を作製するために特殊な技術を要することである。その理由は、光キャリアの走行距離を短くするためには電極間の間隔を短くする必要があり、従来行われているようなリソグラフ技術ではなく、原子間力顕微鏡やトンネル顕微鏡を使った加工法が必要になるからである。原子間力顕微鏡やトンネル顕微鏡による加工は操作が複雑であるだけでなく、同時に広い範囲の加工を行うことが不可能であるという問題点が残存している。

【0007】従って、高出力・高速動作のため光伝導素子には耐圧性能が高く、かつ、耐圧性能が同じであるならキャリアの走行距離がより短い構造が求められている。

【0008】本発明はこのような技術的背景に基づいてなされたものである。従って、本発明の目的は、多結晶ダイヤモンド層の絶縁特性を利用して高速・高出力で動作することができる光伝導素子及びその製造方法を提供することにある。

【0009】本発明の他の目的は、多結晶ダイヤモンド層の特性を利用して原子間力顕微鏡やトンネル顕微鏡を使った複雑な加工法を用いなくても製作でき、且つ、より高速で動作することができる光伝導素子及びその加工方法を提供することにある。

#### 【0010】

【課題を解決するための手段】本発明の光伝導素子は、ダイヤモンドで形成される第1ダイヤモンド層と、前記第1ダイヤモンド層の面上に、ギャップを介して対向するように設けられた少なくとも1対以上の電極と前記ギャップを覆うようにオーバーコートダイヤモンド層を具備し、前記オーバーコートダイヤモンド層は、多結晶ダイヤモンドからなり、照射光により発生されたキャリアの再結合中心となる結晶粒界が存在するように前記ギャップ間に形成されている。

【0011】ここで、前記第1ダイヤモンド層は多結晶ダイヤモンド、あるいは単結晶ダイヤモンドどちらで形成されていてもよい。

【0012】上記の光伝導素子において、前記オーバーコートダイヤモンド層の多結晶ダイヤモンドの平均粒径は前記ギャップの幅と同じかもしくは小さいこと、例えば、前記オーバーコートダイヤモンド層の多結晶ダイヤモンドの平均粒径は前記ギャップの幅の1/3より小さいことが望ましい。励起光によって発生した光キャリアは、電極に印加されたバイアスによって電極方向に向かい移動を始めるが結晶粒界を通過する際、この粒界が光キャリアの再結合中心として作用するためここで光キャリアは消滅してしまう。よって粒径を細くすれば光キャ

リアが粒界までに到達する時間が短くなり、光キャリアが発生してから消滅するまでの時間が短縮され、高速動作が可能となる。

【0013】また光伝導素子を構成するダイヤモンドは、他の光伝導素子に使用される化合物半導体と比較し、比抵抗も大きくかつ、前記オーバーコートダイヤモンド層は電極間ギャップ近傍の電極部分も覆っているため電極間での放電を防止する事ができ、その結果、電極に高電圧を印加出来るようになり高出力化が可能となる。

【0014】本発明の光伝導素子の製造方法は、第1ダイヤモンド層を形成するステップと、第1ダイヤモンド層の面上に、ギャップを介して対向するように少なくとも1対以上の電極を形成するステップと、前記オーバーコートダイヤモンド層は、前記ギャップの幅と同じかもしくは小さい平均粒径を持つ多結晶ダイヤモンドからなることを特徴とする。

【0015】前記第1ダイヤモンド層は、前記オーバーコートダイヤモンド層の前記多結晶ダイヤモンドの平均粒径より大きい平均粒径の多結晶ダイヤモンド、または単結晶ダイヤモンドからなっていてもよい。

【0016】上記の場合において、前記オーバーコートダイヤモンド層の多結晶ダイヤモンドの平均粒径は前記ギャップの幅の1/3より小さいことが望ましい。

【0017】また、前記オーバーコートダイヤモンド層を形成する前に、前記電極の前記ギャップ近傍部分と電極間ギャップをダイヤモンドの粉末で研磨するステップを更に具備することが望ましい。

#### 【0018】

30 【発明の実施の形態】次に、本発明による光伝導素子及びその製造方法の実施の形態を詳細に説明する。

【0019】図1は、本発明の第1の実施形態による光伝導素子の構成を示す断面図である。図1に示すように、光伝導素子は、基板1と、第1ダイヤモンド層2と、対向する2つ(1組)の電極3から形成される。

【0020】基板1は、その上にダイヤモンド層2を成長させるための基板である。第1の実施形態では、シリコン基板が用いられている。基板1は、CVD法によりダイヤモンドを成膜・成長させることができる基板であればよい。従って、シリコン以外に、たとえば、モリブデン、白金、銅、SiC、セラミックなどからなる基板を用いることが可能である。

【0021】第1ダイヤモンド層2は、CVD法により基板上に形成され、多結晶ダイヤモンドで構成されている。第1ダイヤモンド層2は、励起光を吸収して光キャリアを発生する。

【0022】電極3は、平面上で予め決められたギャップ6を持つようにダイヤモンド層2上に形成されている。電極3は、前述のように、対向する2つの電極3から形成される1組の電極である。電極3は、複数の組と

して形成されてもよい。電極3には印加手段(図示せず)により電圧が印加される。電極3は、励起光5により電極間ギャップ6内に存在するダイヤモンド層2中で発生した光キャリアを外部に信号として伝播する役目を持つ。

【0023】オーバーコートダイヤモンド層4は、電極間ギャップ6とその周辺の電極3を埋める被覆層であり、電極間での放電を防ぐ役割をする。かつ励起光5の照射によってオーバーコートダイヤモンド層4内にも光キャリアが生じる。第1ダイヤモンド層2の少なくとも一部分は、電極間ギャップ6内で露出している。オーバーコートダイヤモンド層4は、電極3の間に高電圧が印加される際、その電極間で放電が発生するのを防止する役割を有し、電極面上にCVD法によって多結晶ダイヤモンド層として形成されている。

【0024】図1に示す光伝導素子は、次のような手順で作製されている。

【0025】まず、基板1上に、水素ガスとメタンガスを用いCVD法により第1ダイヤモンド層2を成長させる。ダイヤモンド膜成膜時、成長温度・水素ガスとメタンガスの濃度比・成膜圧力を制御することにより、多結晶ダイヤモンドの粒径を制御することができる現象が知られている。このような現象を利用することにより、ダイヤモンド層2を構成する多結晶ダイヤモンドの粒径を変える事が出来る。基板1上に粒径6μm以下の平均粒径の揃った多結晶ダイヤモンドによって構成されるダイヤモンド層2を10μm厚に作製した。

【0026】次に、ダイヤモンド層2上に、スパッタにより電極3となる金属を成膜する。本実施形態では、電極3には白金が用いられているが、第1ダイヤモンド層2とオーミック接触が得られる金属であれば他の金属を使用することができる。また、金属を成膜する前に、第1ダイヤモンド層2の表面を研磨してもよい。白金を成膜した後は、リソグラフィーによりパターン形成を行い、所望の形状をした電極を作製する。このとき電極3は1対または2対以上を形成する。

【0027】本実施の形態では電極間ギャップ6の距離を6μmとした。電極間ギャップ6を大きくしすぎると、高い印加電界強度を得る際、電源の容量も大きくする必要が生じるという欠点がある。このため電極間のギャップは500μm以下にすることが好ましい。

【0028】電極3の形成後に、電極間ギャップ6とその周辺の電極3の部分に再度CVD法により、絶縁破壊防止用のオーバーコートダイヤモンド層4を形成する。オーバーコートダイヤモンド層は、第1ダイヤモンド層2から成長したものと、新たに核発生したダイヤモンドから構成される。このオーバーコートダイヤモンド層4を形成する際には、電極3のギャップ形成面(電極3の側面)と電極間ギャップ6付近の電極3の上面と電極間ギャップ6をあらかじめダイヤモンド粉末で研磨してお

くことが望ましい。

【0029】次に、図1を参照して本発明の実施の形態の動作について詳細に説明する。光伝導素子を動作させるためにはまず光キャリアを発生させる必要がある。そこで励起光5を電極間ギャップ6に照射する。この場合、励起光5が照射されている時間だけ、励起光の照射されたダイヤモンド中には光キャリアが発生されるので、高速動作を行うために励起光5は全半値幅10ps以下の超短パルスであることが好ましい。

【0030】本実施形態では、励起光5にパルス幅100fsのチタン・サファイアレーザーを用いた。励起光5を電極間ギャップ6に照射すると、電極間ギャップ6に存在しているダイヤモンド層には光キャリアとして電子と正孔が発生する。発生した電子と正孔はそれぞれバイアスの印加された電極方向(電子は+側、正孔は-側)へ移動をはじめる。

【0031】この時、電子と正孔は多結晶ダイヤモンド中を移動することになり、電極3に達するまでにダイヤモンドの結晶粒界を通過することになる。結晶粒界は再結合中心として作用するため、光キャリアがここを通過する際消滅する。つまりダイヤモンドの結晶粒界を細かくすれば、発生した光キャリアが結晶粒界に達するまでの距離が短くなるため、その光キャリアは発生後に速やかに消滅し、その結果、高速動作することになる。

【0032】また、電極3の対向する部分は多結晶ダイヤモンドによって覆われており、電極3に高電圧を印加した際、放電を防ぐ役目をする。ダイヤモンドは絶縁性が高いため、電極3に高い電圧を印加することが可能であり、その結果、高い出力を得ることができる。このように、材料にダイヤモンドを使用し、このダイヤモンドの結晶粒径をギャップ間隔より小さくすることにより光キャリアの再結合中心となる粒界を増加させたため、高速・高出力動作する光伝導素子を作製することができる。

【0033】図4は、ギャップ間隔6μm、電極ギャップ間に存在するダイヤモンドを形成するダイヤモンド平均粒径を0.5、1、2、4、6、10μmとし、一定電界での下での応答速度の評価結果を示している。図4で、横軸は平均粒径(単位:μm)を示し、縦軸は応答時間(単位:任意)を示している。

【0034】この結果、ダイヤモンド粒径が電極ギャップ間隔より大きくなると応答時間は変化しないが、それがギャップ間隔より小さくなると応答時間が次第に速くなり、ダイヤモンド粒径が2μm以下、即ち電極間ギャップの1/3以下の粒径になると応答速度が約1桁短縮されることが判明した。

【0035】図2は、本発明の第1の実施形態による光伝導素子の構成を示す断面図である。図2に示すように、光伝導素子は、基板1と、第1ダイヤモンド層2と、対向する2つ(1組)の電極3と、電極間ギャップ

6とその周辺の電極3を覆うオーバーコートダイヤモンド層4から形成される。基板1は、第1ダイヤモンド層を成長させるための基板である。第1ダイヤモンド層1は、CVD法により形成され、膜自体は多結晶ダイヤモンドより構成される。

【0036】第1ダイヤモンド層1上には、第1の実施形態と同様にして電極3が形成されている。電極3には、電圧が印加されており、励起光5により発生したキャリアを外部に信号として伝播させる役目を持つ。電極間ギャップ6は、オーバーコートダイヤモンド層4により埋められている。またオーバーコートダイヤモンド層4は、電極間ギャップ6の周縁を形成する電極部分を被覆している。

【0037】オーバーコートダイヤモンド層4は、電極3に高電圧を印加した際、電極間に放電が発生するのを防止する役割をし、かつ励起光5によって光キャリアが発生する部分でもあり、CVD法によって形成される多結晶ダイヤモンド層である。

【0038】励起光5は電極間ギャップ6に存在するオーバーコートダイヤモンド層4と第1ダイヤモンド層1に照射される。その結果、励起光5によって照射されたダイヤモンド中には光キャリアが発生する。

【0039】図2に示される光伝導素子は、次に示すような手順でその作製を行っている。まず、基板1上に水素ガスとメタンガスを用いCVD法により第1ダイヤモンド層1を成長させる。これにより基板1上に粒径10μmの多結晶ダイヤモンドによって構成される第1ダイヤモンド層1を10μm成膜した。

【0040】第1ダイヤモンド層1上にはスパッタにより電極3となる金属を成膜している。本実施形態では、電極3に金/チタンを用いている。金/チタンを成膜した後は、リソグラフィーによりパターン形成を行い、所望の電極形状を形成した。電極形成後は、電極間ギャップ6と電極3の電極間ギャップ6の近傍部分に再度CVD法により、オーバーコートダイヤモンド層4を形成する。オーバーコートダイヤモンド層4を作製する際、成長温度・水素ガスとメタンガスの濃度比・成膜圧力を制御し粒径が電極間ギャップ6以下のダイヤモンドを成長させる。

【0041】次に、第2の実施形態の動作について図2を参照して詳細に説明する。

【0042】光伝導素子からの信号として得られるのは、励起光5の照射によって、電極3の対向する部分（電極間ギャップ6）に存在するオーバーコートダイヤモンド層4又は第1ダイヤモンド層1で発生した光キャリアである。このため、電極間ギャップ6に存在するダイヤモンド粒径を電極間ギャップ6より小さくすれば、電極間ギャップ6内では再結合中心が増加し光キャリアの寿命を短くすることができる。

【0043】つまり、第1ダイヤモンド層1のダイヤモ

ンドの粒径が10μmで電極間ギャップ6の幅が5μmのとき、電極3が対向する部分（電極間ギャップ6）に存在するオーバーコートダイヤモンド層4の粒径を5μm以下とすればより高速に動作する光伝導素子が得られる。また電極3が対向する部分はオーバーコートダイヤモンド層4が覆っているため、電極3に高バイアスを印加することができ、その結果高出力化が可能である。

【0044】図3は、更に、本発明による光伝導素子の第3の実施形態を示している。図3を参照すると、単結晶ダイヤモンド基板10は本実施形態の光伝導素子の基板となる部分である。単結晶ダイヤモンド基板10は、単結晶ダイヤモンドで形成されている点で、他の実施形態と異なる。単結晶ダイヤモンド基板10上に、電極3が形成されている。

【0045】電極3には、電圧が印加されており、励起光5により発生したキャリアを外部に信号として伝播させる役目を持つ。電極3のギャップ付近及び電極間ギャップ6にオーバーコートダイヤモンド層4が形成される。このオーバーコートダイヤモンド層4はCVD法によって形成される。また、単結晶ダイヤモンド基板10上の電極間ギャップ6とその周辺の電極上に形成されたオーバーコートダイヤモンド層4は、電極3に高電圧を印加した際、電極間に放電が発生するのを防止する役割を有する。

【0046】また、単結晶ダイヤモンド基板10上の電極3の電極間ギャップ6間に存在するオーバーコートダイヤモンド層4と単結晶ダイヤモンド基板10は、励起光5によって光キャリアが発生する部分である。励起光5は電極間ギャップ6に照射され、電極間ギャップ6に存在するダイヤモンド中に光キャリアを発生させる役目を持つ。電極間ギャップ6の多結晶粒径はギャップ間の幅よりも小さい。

【0047】この実施形態では、ギャップ間の幅は6μmである。図4から明らかなように、本実施形態に於いても電極間ギャップ6に存在するオーバーコートダイヤモンド層4のダイヤモンド粒径が2μm以下、即ち電極3の距離3分の1より小さいことが特に好ましい。

【0048】次に、第3の実施形態の光伝導素子の動作について図3を用いて詳細に説明する。

【0049】光伝導素子からの信号として得られるのは、励起光5の照射によって電極間ギャップ6に存在するダイヤモンド中で発生した光キャリアである。このため電極3間に存在するダイヤモンド粒径を細かくすれば光キャリアが再結合中心である結晶粒界までの移動距離を短くすることができる。

【0050】以上のように、本発明による光伝導素子では、電極間の層の材料として絶縁耐圧の高いダイヤモンドを使用し、かつ、電極間ギャップに存在するダイヤモンド粒径をその電極ギャップの幅より小さくすることにより粒界を増加させ、光キャリアの再結合中心を形成し

ている。また電極ギャップ間に絶縁性の高いダイヤモンドを用いているので、高いバイアスを印加した際にもリーク電流の発生や絶縁破壊を防ぐことができる。このため、高出力化を可能としつつ、より高速の動作を可能としている。

【0051】また、多結晶ダイヤモンドの粒界を再結合中心とし、スイッチング動作の高速化を実現しているため、原子間力顕微鏡やトンネル顕微鏡等を用いる複雑な加工法を用いなくても、高速動作する光伝導素子を作製できる。

【0052】光伝導素子を高速動作させるためには励起光によって発生した光キャリアを再結合中心によってすばやく消滅させるか、光キャリアの移動距離を短くする必要がある。このため再結合中心を多く導入したり、電極間の距離を極力短くする必要があった。また、高出力動作させるためには電極間にできるだけ高い電圧を印加する必要があり、よって材料には高い絶縁性が求められていた。

【0053】もし、材料の絶縁性が低いと、高電圧を印加した際リーク電流が多くなり信号のS/Nが悪化したり、絶縁破壊を起こし素子としては動作しなくなってしまう。つまり高速・高出力を実現するためには光キャリアの再結合中心が多く存在し、かつ絶縁耐圧性がある材料を適用する必要があった。

【0054】本発明による光伝導素子には、その材料として絶縁性の高いダイヤモンドを適用している。更に、ダイヤモンド層の形成時にその形成粒子の径を制御することにより光キャリアの消滅する再結合中心を導入している。

【0055】ダイヤモンドは、よく知られているように、光伝導素子に使われている半導体材料と比較して絶縁耐圧が高いため高出力化が可能である。

【0056】更にまた、構成するダイヤモンド粒径を細かくすることにより粒界を増加させている。励起光によって発生した光キャリアは、電極に印加されたバイアスによって電極方向に向かい移動をはじめる。光キャリアがこのような結晶粒界を通過しようとするとき、その粒界が光キャリアの再結合中心として作用するため、そこで光キャリアは消滅してしまう。

【0057】粒径を細かくすれば光キャリアが粒界までに到達する距離が短くなり、光キャリアが発生してから消滅するまでの時間が短縮され、その結果、より高速な動作が可能となる。

【0058】つまり第1ダイヤモンド層による高絶縁耐性だけでなく、オーバーコートダイヤモンド層によりギャップ周囲の電極部分を被覆し、更にその絶縁耐性を強

化することが好ましい。

【0059】ギャップ中のオーバーコートダイヤモンド層の平均粒径はギャップの幅より小さいから、光キャリアの消滅時間が短縮されている。オーバーコートダイヤモンド層の多結晶ダイヤモンドの平均粒径はそのギャップの幅の1/3より小さいことが更に好ましい。第1ダイヤモンド層は多結晶でも単結晶でもよい。

【0060】電極間ギャップ6とその周辺の電極3部分をオーバーコートダイヤモンド層4により被覆する場合

10 に、電極間ギャップとその電極部分をダイヤモンドの粉末で研磨しておくことが好ましい。その被覆部分は、オーバーコートダイヤモンド層の形成時に同時的に形成することができる。従って、電極間ギャップと電極間ギャップ周辺の電極上面を覆うオーバーコートダイヤモンド層4の形成は、単一の工程により形成可能である。

#### 【0061】

【発明の効果】第1の効果は、電極間ギャップに存在するダイヤモンド粒径を制御することにより、光伝導素子を高速に動作させ、かつ高い出力が得られることである。その理由は、電極の対向部分に存在するダイヤモンド粒径を電極間ギャップより小さくすることにより再結合中心である粒界を多く存在させ、かつ電極を絶縁性の高いダイヤモンドで覆っているからである。

【0062】第2の効果は、複雑な工程を経なくても高速動作する光伝導素子が得られることである。その理由は、電極の加工法等により光キャリアを移動距離を短くするのではなく、ダイヤモンド層を作製する際の成長条件により再結合中心を作り光キャリアの移動距離を短くしているからである。

30 【図面の簡単な説明】

【図1】図1は、本発明による光伝導素子の第1の実施の形態を示す断面図である。

【図2】図2は、本発明による光伝導素子の第2の実施形態を示す断面図である。

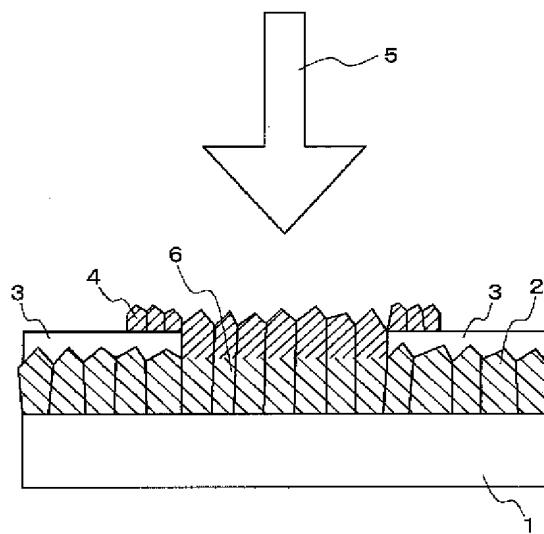
【図3】図3は、本発明による光伝導素子の第3の実施形態を示す断面図である。

【図4】図4は、ダイヤモンド粒径と応答時間の関係を示すグラフである。

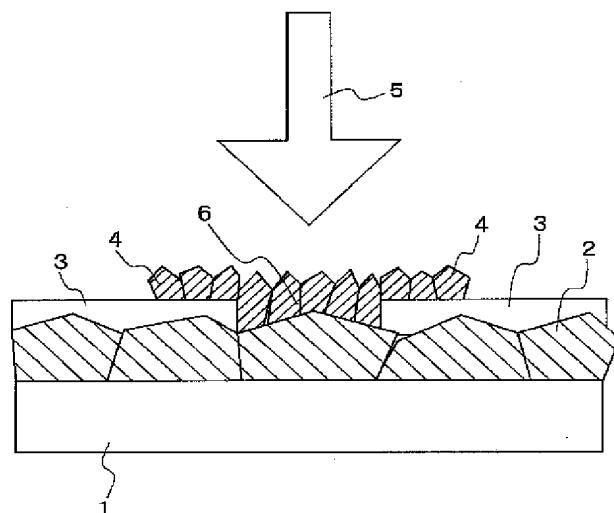
#### 【符号の説明】

40 1：基板  
2：第1ダイヤモンド層  
3：電極  
4：オーバーコートダイヤモンド層  
5：励起光  
6：電極間ギャップ  
10：単結晶ダイヤモンド基板

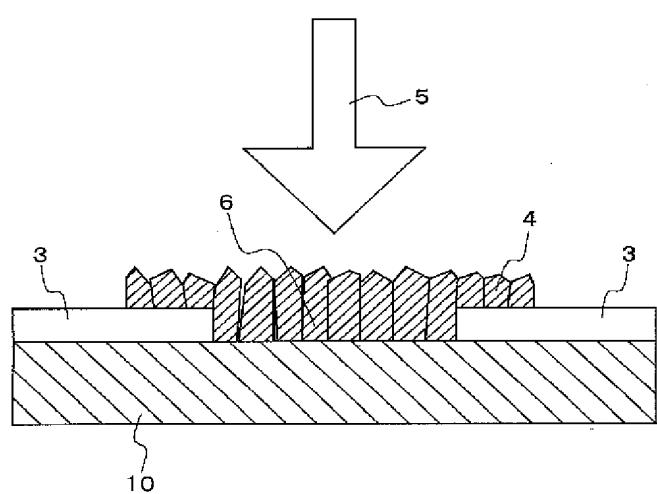
【図1】



【図2】



【図3】



【図4】

